

## СБОР, НАКОПЛЕНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

**С. К. ФОМИЧЕВ**, д-р техн. наук, **А. Е. ПИРУМОВ**, канд. техн. наук, **С. Н. МИНАКОВ**, **А. С. МИНАКОВ**,  
**А. В. ДАНИЛЬЧИК**, **С. В. МИХАЛКО**, инженеры (Нац. техн. ун-т Украины «КПИ» ),  
**М. А. ЯРЕМЕНКО**, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

*Рассмотрены структура и функциональные возможности автономной системы дистанционного мониторинга напряженного состояния магистральных трубопроводов. Система предназначена для измерения продольных нормальных напряжений с помощью магнитоанізотропных преобразователей, передачи и приема данных по каналам GSM-связи в диспетчерскую контролирующей организации с последующим анализом эпюр напряжений и графической интерпретацией данных во времени.*

*The paper deals with the structure and functional capabilities of a self-sufficient system of remote monitoring of stressed state in the main pipelines. The system is designed for measurement of longitudinal normal stresses using magnetoanisotropic transducers, data transmission and reception through GSM communication channels to the control room of the monitoring organization with subsequent analysis of stress epures and graphic interpretation of the data in time.*

Одной из задач обеспечения безаварийной эксплуатации магистральных трубопроводов (МТ) является мониторинг их напряженного состояния. В процессе эксплуатации напряжения МТ изменяются в результате действия таких механических факторов, как перемещение грунта; влияния водных преград; сезонные изменения климатических условий; неравномерное заземление грунта. Особенно актуальным является контроль технического состояния наиболее опасных участков — переходов трубопроводов через реки, железные и автомобильные дороги, вблизи населенных пунктов. Эти участки, как правило, являются более нагруженными, а экологический ущерб в случае утечки транспортируемого продукта многократно возрастает по сравнению с утечками на линейной части трубопровода.

После выбора опасных участков трубопровода [1] в последних устанавливаются системы мониторинга напряженного состояния [2], обеспечивающие:

- измерения параметров напряженно-деформированного состояния (НДС);
- передачу данных по каналам связи;
- обработку полученных данных и представление результатов в виде, удобном для принятия технологических решений.

Настоящая статья посвящена сбору, обработке и визуализации данных мониторинга НДС МТ.

Специалистами Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» разработана и внедрена система дистанционного мониторинга напряженного состояния мостового перехода МТ. Годовой опыт эк-

сплуатации системы мониторинга показал правильность принятых технических решений, что позволило увеличить количество мостовых переходов, оснащенных указанными системами.

Система представляет собой сочетание аппаратной части и программного обеспечения.

Аппаратная часть для контроля мостового перехода трубопровода состоит из двух автономных узлов (рис. 1) для измерения и передачи данных о напряженном состоянии в сечении трубы и подробно описана в работе [2], а также стационарного сервера для приема, обработки и хранения данных, работающего под управлением ОС Windows и программного обеспечения семейства STAN.

Каждый из автономных узлов расположен на одном из берегов мостового перехода (рис. 2). Магнитоанізотропные преобразователи в специальных креплениях установлены в одном сечении трубопровода в начале компенсатора (рис. 3). Здесь же (в компенсаторе) расположены корпус

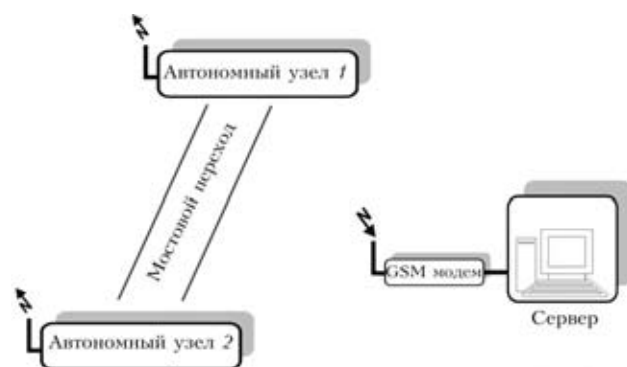


Рис. 1. Состав автономного узла системы мониторинга механических напряжений МТ с использованием GSM связи

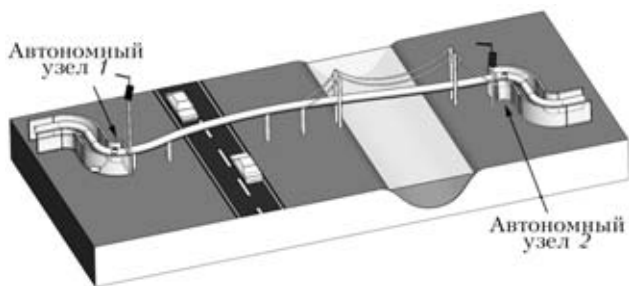


Рис. 2. Расположение автономных узлов на мостовом переходе трубопровода

блока обработки и измерения сигнала (с GSM модемом) и корпус аккумулятора (рис. 3).

Солнечная батарея с выносной антенной GSM модема расположены снаружи компенсатора на мачте (рис. 4). Автономный узел каждые три часа измеряет показания преобразователей, нормирует полученные данные и формирует SMS сообщение, которое посредством GSM модема отсылается на сервер.

Для получения SMS сообщений от автономных узлов посредством своего GSM модема, выполнения расчетов продольных напряжений и построения эпюр, проведения анализа эпюр для определения составляющих от осевых и изгибающих воздействий [3] предназначено программное обеспечение (ПО) STAN. ПО STAN (рис. 5), установленное на сервере, разработано в среде инженерного программирования LabVIEW, выбор которой обусловлен направленностью на использование в промышленных приложениях.

Текст SMS сообщения с данными мониторинга состоит из даты и времени отправки, шести показаний магнитоанізотропных преобразователей (в данном случае задействовано только четыре из них, что соответствует количеству преобразователей, установленных на трубе):

11/10/06 02:35:36,+0008,+0028,  
-0102,+0021,+0000,+0000,+012,3V



Рис. 3. Расположение корпуса аккумулятора (1), корпусов блока обработки и измерения сигнала (2), креплений преобразователей (3)



Рис. 4. Мачта с солнечной батареей (показана стрелкой) и выносной антенной GSM модема в начале компенсатора мостового перехода



Рис. 5. Схема функциональных блоков ПО STAN

В основном окне программы (рис. 6) на стрелочных индикаторах отображаются рассчитанные продольные напряжения, а также существуют поля для отображения служебной информации, которая включает имя объекта наблюдения, номер телефона того же объекта, дату и время полученного SMS сообщения, а также его текст. Стрелочные индикаторы построены таким образом (цветная шкала), чтобы оператору было максимально удобно принимать решение про эксплуатацию объекта по его текущему состоянию. Количество индикаторов лицевой панели зависит от количества установленных датчиков на объекте и



Рис. 6. Лицевая панель основного окна программы

определяется автоматически. Полученные данные сохраняются в файл базы данных. Имя файла соответствует названию объекта. Основное окно программы является связующим между остальными блоками программы.

Для проведения анализа полученных данных предназначен блок программы обработки измеренных значений, который возможно вызвать из основного окна программы. Данный блок позволяет работать с файлами базы данных системы для расчета продольных, кольцевых, а также дополнительных продольных и изгибающих напряжений. В основном окне данного функционального блока (рис. 7) отображаются кривые, которые соответствуют средним за день значениям продольных напряжений по каждой дате, которая содержится в базе данных для каждого датчика отдельно. Можно заметить сезонные изменения уровня напряжений, вызванные температурой окружающей среды. Это вызвано изменением осевых нагрузок на трубопровод (от температуры) при сохранении изгибающих нагрузок (вызванных другими факторами). Для получения расчи-

танных данных предназначено меню Stress Analyze. При этом из выпадающего меню необходимо выбрать необходимую дату для получения рассчитанных значений.

В результате на экране монитора оператор имеет возможность увидеть окно Stress Analyze (рис. 8) с рассчитанными продольными напряжениями (поля Axial Stress), кольцевые напряжения (поле Hoop Stress), дополнительные продольные напряжения (поле Additional Axial Stress), сгибающие напряжения (поле Bend Stress). Навигация по данным, полученным в течение одного и того же дня происходит при помощи ползунка в нижней части окна.

Кроме того, оператор имеет возможность построить эпюры продольных напряжений. Для этого необходимо в главном окне блока обработки измеренных значений выбрать пункт Axial Stress (рис. 9).

Для задания основных параметров работы программы предназначен блок настройки параметров (рис. 10). Такими параметрами являются:

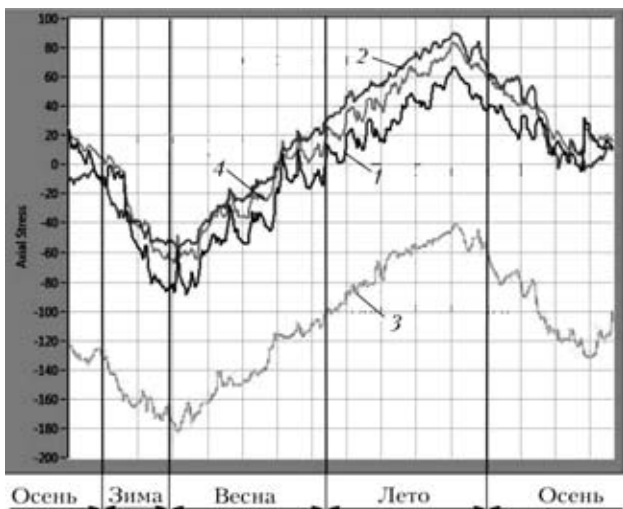


Рис. 7. Лицевая панель блока обработки измеренных значений одного из берегов перехода (1 – 4 — преобразователи)

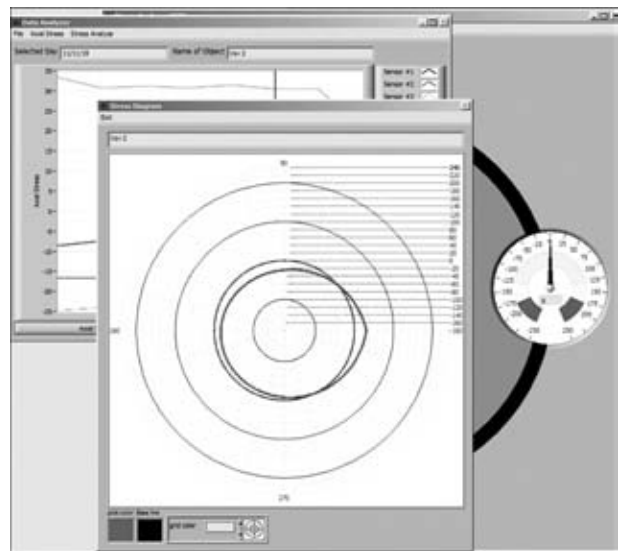


Рис. 9. Окно Axial Stress построения эпюр продольных напряжений

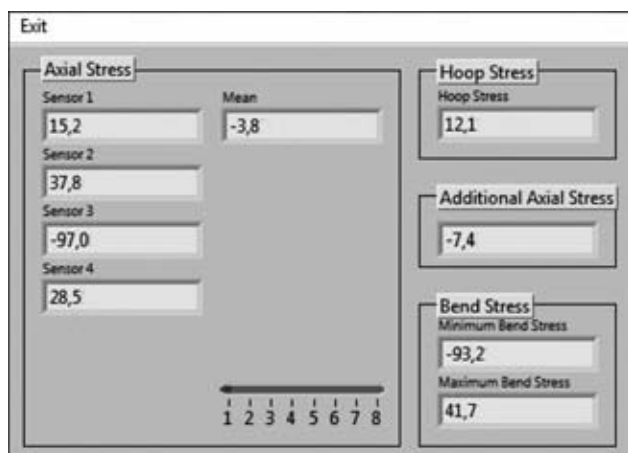


Рис. 8. Окно Stress Analyze

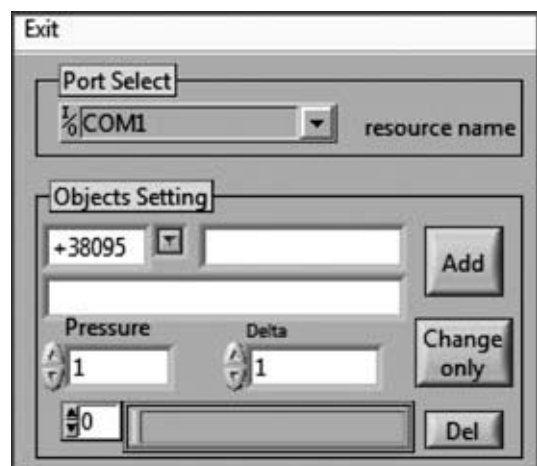


Рис. 10. Лицевая панель блока настройки параметров



последовательный порт, на который подключен GSM модем, а также параметры объекта: номер телефона модема, установленного на объекте, имя объекта, внутреннее давление в трубопроводе во время измерений в МПа, а также толщина стенки трубопровода. Введенные параметры сохраняются в памяти программы. Блок настройки позволяет удалять, изменять введенные параметры.

Кроме описанных основных возможностей программа имеет и ряд дополнительных, например, сохранение графических изображений эпюр в памяти компьютера, создание табличного отчета с рассчитанными значениями напряжений.

### Выводы

Разработанное ПО STAN успешно применено для решения задач мониторинга напряженного состояния мостового перехода МТ в течение года работы.

Увеличение количества работающих автономных узлов системы мониторинга механических напряжений МТ по каналам GSM связи возможно с использованием ПО STAN.

1. *Обоснование методов обследования и выбор мест шурфовки магистральных газопроводов / Б. Е. Патон, А. Я. Недосека, С. К. Фомичев, М. А. Яременко // Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 1999. — № 1. — С. 3–12.*
2. *Автономная система мониторинга механических напряжений магистральных трубопроводов с использованием возможностей GSM связи / С. К. Фомичев, С. Н. Минаков, М. А. Яременко и др. // Там же. — 2008. — № 1. — С. 9–12.*
3. *Определение силовых воздействий на трубопровод по анализу эпюр распределения продольных напряжений / С. К. Фомичев, С. Н. Минаков, С. В. Михалко и др. // Там же. — 2009. — № 2. — С. 11–14.*

Поступила в редакцию  
19.12.2011

**NDT**  
11-я Международная выставка и конференция  
**НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ  
ДИАГНОСТИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**MERATEK**  
13-я Международная выставка  
**ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ  
И ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ**

**28.02 – 01.03.2012**  
МОСКВА, СК ОЛИМПИЙСКИЙ

Организаторы: **primexpo ITE GROUP PLC ufi**

тел.: +7 (812) 380 6002/00, [ndt@primexpo.ru](mailto:ndt@primexpo.ru), [mera@primexpo.ru](mailto:mera@primexpo.ru)

**ДНИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ 2012**  
50 лет Болгарского Общества  
Неразрушающего Контроля  
11 — 15 июня 2012 г.  
СОЗОПОЛЬ

**Организаторы**  
ННТД по дефектоскопии, Институт механики, Технический университет - Варна,  
Петербургский энергетический институт повышения квалификации НТС по машиностроению

**ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**  
факс: (+359 2) 870 74 98, (+359 2) 979 71 20  
e-mail: [nntdd@abv.bg](mailto:nntdd@abv.bg), [nntdd@imbm.bas.bg](mailto:nntdd@imbm.bas.bg)